

【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 27-167

補助事業名 平成27年度 微細構造制御による高剛性コンポジット膜の開発 補助事業

補助事業者名 佐賀大学大学院 機械システム工学専攻 准教授 長谷川裕之

1 研究の概要

本事業では、ナノコンポジット、積層膜などの従来の膜構造とは異なる新しい膜構造を持つ硬質膜を開発した。具体的には、2種の薄膜を並列配置したコンポジットコーティングである。事業期間において、同一平面内に薄膜を配置するため、半導体集積回路の作製に用いられるフォトリソグラフィにより、試料作製前の処理であるマスクング技術を構築した。そして、高周波マグネトロンスパッタリング法により窒化物膜と炭素系膜を融合したコンポジットコーティングを作製するとともに、その機能性を明らかにした。

2 研究の目的と背景

自動車および航空機のエンジンを構成する機械部品は、アルミニウム合金・ニッケル基超合金などの素材を機械加工することにより作製される。これらの素材は、機械強度、融点を代表とする固有の材料特性を持つため、切削加工時には、素材と工具の溶着、切削抵抗による摩耗、摩擦力の増大による発熱が生じ、工具損傷の進行および工具寿命の低下を導く。

切削工具の耐摩耗膜・保護膜として応用されるセラミック硬質膜の開発では、過酷な切削条件を踏まえ、薄膜の必要特性が最適化され、表面の機能性が追求されてきた。本事業では、工具損傷の抑制および工具の長寿命化に寄与する表面処理技術の開発を目的とし、申請者がこれまでに開発した薄膜を融合したコンポジットコーティングを開発した。

3 研究内容

① フォトリソグラフィ技術の構築

本補助事業では、2種類のセラミック薄膜を同一基板上に堆積させた複合材料を作製する。試料作製では、特定の箇所へ薄膜を堆積するため、半導体分野で利用されるフォトリソグラフィ技術によりマスクング処理を行った。図1に示すように、レジストと呼ばれるフェノール樹脂の一種と感光剤を成分とする溶液を塗布し、固化させ、フォトマスクを設置し紫外線を照射する。現像において、紫外線が照射された箇所の感光剤が変化するため、レジストの一部が現像液に溶出し、マスクング処理が完了する。その後、薄膜を堆積させ、剥離液によりレジストを除去する。

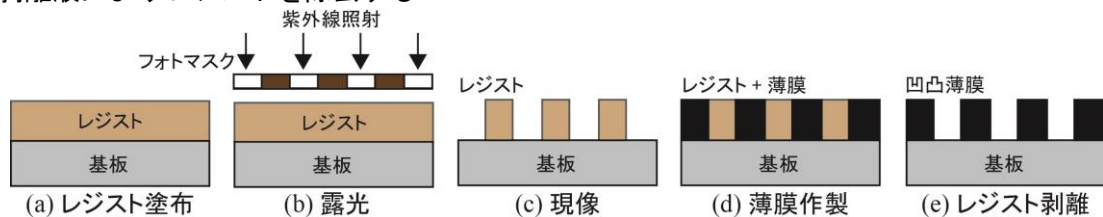


図1：フォトリソグラフィ工程

② 高剛性コンポジット膜の作製

本項目では、フォトリソグラフィにより基板をマスクングし、コンポジット膜を高周波マグネトロンスパッタリング法により作製した。コンポジット膜を構成する膜は、2元系窒化物である窒化チタン(TiN)・窒化クロム(CrN)、3元系窒化物である窒化チタンアルミニウム(TiAlN)・窒化クロムアルミニウム(CrAlN)、金属を添加した炭素膜であるシリコン添加アモルファスカーボン(Si-DLC)である。図2にコンポジット膜の一例を示す。

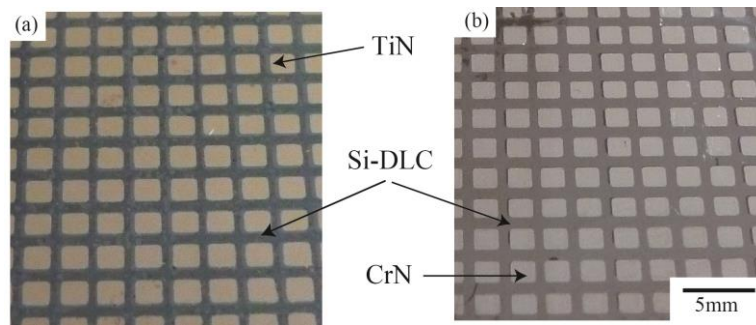


図2：コンポジット膜 (a) TiN/Si-DLC (b) CrN/Si-DLC

③ 高剛性コンポジット膜の機能性評価

本項目では、コンポジット膜の機械的性質、微細構造、摺動特性、耐酸化性を評価した。コンポジットを構成する各薄膜の硬度値はこれまでの研究成果との比較から妥当性のあるものと判断した。そして、本事業では、結晶質である窒化物膜と非晶質である炭素系膜を融合した膜の開発を目的としている。X線回折法の結果から意図する微細構造を形成できることを確認した。図3に単層膜とコンポジット膜の摩擦係数を示す。図に示すように、コンポジットの摩擦係数は窒化物膜と炭素系膜の中間的な値を持つことがわかる。これは、コンポジットにすることでTiNとCrNにSi-DLCの長所である低摩擦特性を付与できたことが要因であると考えられる。

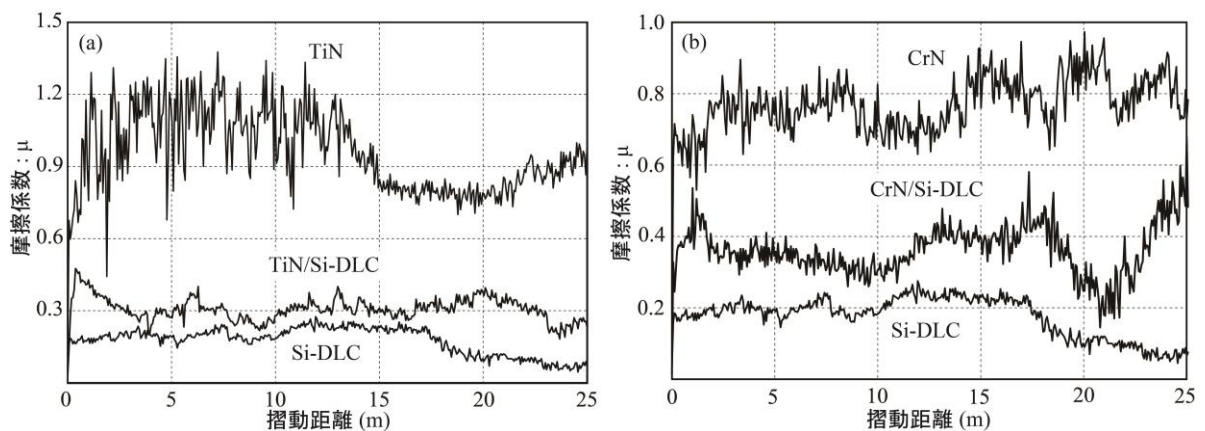


図3：摩擦係数の変化 (a) TiN/Si-DLC (b) CrN/Si-DLC

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

セラミック硬質膜は、切削工具・摺動部材の耐摩耗膜として利用されている。耐摩耗膜の機能性は、微小硬度、摩擦係数、耐酸化性などの各特性を最適化することにより追求されるが、これらの特性は、膜の微細構造と相関があり、現在に至るまで、アモルファス相に微結晶を分散させたナノコンポジット、複数の薄膜を数ナノメートルの周期で積層させた超格子と呼ばれる薄膜の微細構造に着目した耐摩耗膜の研究開発が実施されている。これらの薄膜では、結合状態、結晶サイズの制御が難しく、薄膜の剥離が生じやすいといった短所を持つ。

本研究では、従来の膜構造とは異なる新しい構造を持つ薄膜の開発を実施した。事業期間においてすべての特性を解明することはできなかったが、現在の潮流とは異なる耐摩耗膜の提供とともに、薄膜の設計指針を示すことができる。さらに、本事業をより発展させることで、機械的性質に特化した膜、耐酸化性に特化した膜、必要特性をバランスよく持つ膜など意図する機能性を付与することが可能となる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

現在にいたるまで、補助事業者は、表面処理にかかわる基礎および応用研究に従事している。これまでの研究活動において、相変態領域に着目した窒化物硬質膜、高融点元素を含有する窒化物膜、金属を含有した炭素系膜などの研究を推進してきた。その過程において、薄膜のある機能を向上させると、その他の機能が低下するトレードオフの現象が出現することを注視してきた。例えば、低摩擦で知られるアモルファスカーボンは、水素とメタンから作製され、水素含有量の増加によりダイヤモンドに近い硬度値を持つが、200℃前後において水素が離脱し、薄膜の劣化が進行するといった現象である。

本研究の推進により、従来の薄膜作製技術および産業界において実施されている開発とは異なるアプローチを試みることができ、研究成果として、コンポジットコーティングは低摩擦化に寄与することが確認できた。今後、現段階において発生した課題を改善し、さらなる特性の向上を目指す予定である。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

【発表論文等】

北御門雄大, 長谷川裕之, 相変態領域におけるクロム系窒化硬質膜の表面特性, 精密工学会 九州支部 講演論文集, No.211, 2015 年.

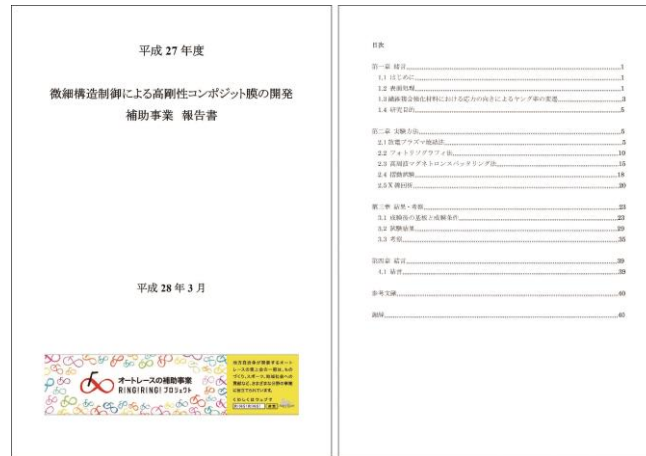
【学会発表】

精密工学会 飯塚地方講演会, 平成27年12月5日, 九州工業大学

7 補助事業に係る成果物 (<http://saga-mech-surface.jimdo.com>)

(1) 補助事業により作成したもの

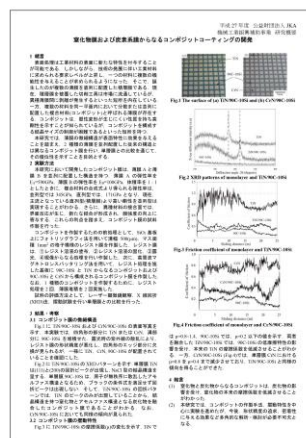
平成27年度 微細構造制御による高剛性コンポジット膜の開発 補助事業 報告書



(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

平成27年度 機械工業振興補助事業 研究概要

・窒化物膜および炭素系膜からなるコンポジットコーティングの開発



8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名：佐賀大学大学院 (サガダイガクダイガクイン)

住所：〒840-8502

佐賀県佐賀市本庄町1番地

申請者：准教授 長谷川 裕之 (ジュンキョウジュ ハセガワ ヒロユキ)

担当部署：工学系研究科 機械システム工学専攻

(コウガクケイケンキュウカ キカイシステムコウガクセンコウ)

E-mail : hasegawa@me.saga-u.ac.jp

URL : <http://saga-mech-surface.jimdo.com/>